

EL ANÁLISIS DE LA ONDA DE PULSO Y EL RIESGO CARDIOVASCULAR EN INDIVIDUOS NORMOTENSOS: UN EJERCICIO CON EL POWER LAB

David Fernando Balaguera Quinche¹, Paula Andrea Balaguera Quinche²

Resumen

La onda de pulso se ha utilizado como una herramienta de medición para determinar el riesgo cardiovascular mediante un evento denominado la “reflexión sistólica”; este modifica directamente la morfología de la onda y es causado, al parecer, por la dureza de las paredes arteriales. Este ejercicio consistió en realizar registros de onda de pulso a una población de personas de diferentes edades y explorar la aparición de la reflexión sistólica para determinar su relación con el riesgo cardiovascular. Como metodología, se registró la onda de pulso en 23 individuos normotensos en el laboratorio de Fisiología de la facultad de Medicina en la Universidad Nacional de Colombia, y se utilizó el Power Lab y el software Labchart como herramienta para la medición. De acuerdo con los resultados, tres sujetos normotensos del estudio presentaron reflexión sistólica, lo cual sugiere que la modificación de la morfología de la onda de pulso no siempre se presenta únicamente en individuos con hipertensión.

Palabras Clave: *Onda de pulso; laboratorio; fisiología; reflexión sistólica.*

1 Médico Veterinario. Magíster en Fisiología. Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Uniagraria. Bogotá, Colombia.
2 Estudiante de Biología. Universidad Central. Bogotá, Colombia.

THE PULSE WAVE ANALYSIS AND CARDIOVASCULAR RISK IN NORMOTENSIVE INDIVIDUALS: A POWER LAB`S EXERCISE

Abstract

The pulse wave has been used as a measuring tool to determine cardiovascular risk through an event called "systolic reflection", this directly modifies the wave morphology is caused by perishing, due to the hardness of the arterial walls. This exercise consisted of making pulse wave records to a population of people of different ages and exploring the appearance of systolic reflection to determine their relationship with cardiovascular risk. As a methodology, the pulse wave was recorded in 23 normotensive individuals in the Physiology laboratory of the Faculty of Medicine at the National University of Colombia, the Power Lab and Labchart software were used as a measurement tool. According to the results, three normotensive subjects of the study presented systolic reflection, which suggests that the modification of the pulse wave morphology does not always occur only in individuals with hypertension.

Key words: *Pulse wave; Lab; Physiology; Systolic reflection.*

Introducción

En el estudio del riesgo cardiovascular las variables utilizadas incluyen medición de la presión arterial, encuestas sobre hábitos de vida y medición de lípidos en sangre, sin embargo, el estudio de la onda de pulso ha tenido auge desde los años 90 (2). Al analizar el fenómeno del pulso se encuentran dos momentos importantes: la onda sistólica (OS) seguida de la onda diastólica (OD); estas ondas coinciden en duración de tiempo con la sístole y diástole cardíaca (Figura 1). Existe un fenómeno llamado "la reflexión sistólica" que es una segunda onda u onda intermedia que aparece en medio de la onda sistólica y la onda diastólica; al parecer, esta forma es causada por la reflexión de la onda antes de la formación de la Onda diastólica y depende de la elasticidad de las arterias (3). Clínicamente se ha propuesto como un indicador y predictor de salud y riesgo cardiovascular, ya que los individuos

con presencia de reflexión sistólica podrían tener una mayor rigidez arterial (4).

La pendiente de la onda sistólica se relaciona con la distensibilidad de las grandes arterias y la resistencia periférica; la onda diastólica es similar a la anterior y se relaciona con la distensibilidad de las pequeñas arterias terminales y la inercia de la columna de fluido a lo largo del trayecto hacia ellas (5). Como se mencionó anteriormente, en algunos casos se observa una tercera onda sobre la pendiente de caída sistólica, y se la suele llamar segunda onda sistólica o reflexión sistólica (RS) (Figura 2); esta es consecuencia de la onda sistólica que se propagó por la aorta, se reflejó en la zona inferior del cuerpo y arribó con cierto retardo a la zona de registro radial. Dicho retardo es función de la velocidad de propagación de la onda de presión en la aorta y las arterias de los miembros inferiores que, a su vez, depende de la elasticidad de dichas arterias, al parecer,

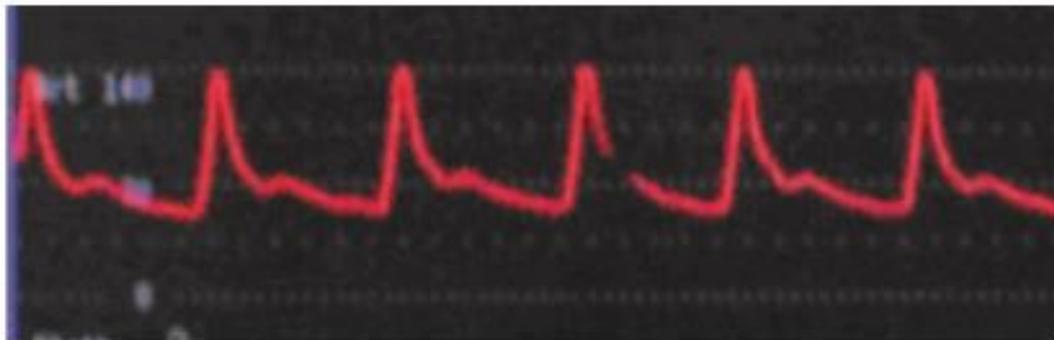


Figura 1. Representación de una onda de pulso mediante un transductor de presión intra-arterial. La onda de mayor amplitud es la Sistólica y la de menor amplitud, la diastólica (3)

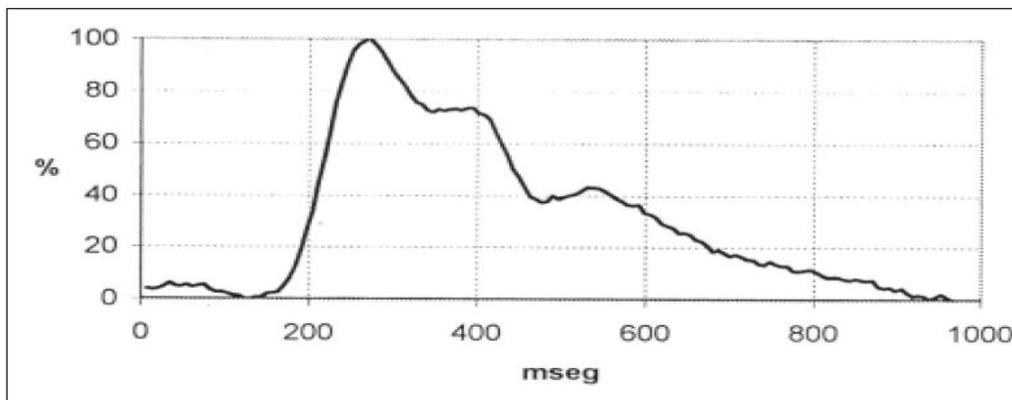


Figura 2. Representación de una onda de pulso con presencia de reflexión sistólica. Nótese la onda en medio de la onda sistólica y la onda diastólica (5)

incrementándose al avanzar la edad y los procesos hipertensivos; este hecho permite cuantificar las propiedades elásticas de las arterias del individuo. La pérdida de elasticidad arterial o el aumento de velocidad de la onda de pulso son factores de riesgo reconocidos (9).

La onda Diastólica posee un valor funcional importante ya que el flujo coronario para dar aporte de oxígeno y nutrientes es mayor durante la diástole (7). Esta amplitud es función de las propiedades elásticas de arterias y arteriolas terminales y disminuye con la edad, razón por la cual puede ser considerada otro parámetro para determinar el envejecimiento arterial (Figura 3). El estudio de onda de pulso ha sido ampliamente

relacionado como variable de riesgo cardiovascular, especialmente en pacientes que tienen relación con hábitos de vida no saludables o con antecedentes personales de hipertensión (1). Este ejercicio consistió en explorar la morfología de la onda de pulso en personas normotensas de diferentes edades y la presencia de reflexión sistólica, con ayuda de la herramienta Power Lab 16/35 y el software LabChart 7 (AD Instruments).

Materiales y métodos

La población fue un grupo de 23 voluntarios (9 hombres y 14 mujeres) con edades que oscilaron entre los 18 y 81 años, con parámetros antropométricos (peso y

talla) dentro de los rangos normales. La presión arterial se describe como mínima de 103/77 y máxima de 130/80, lo cual para el presente estudio son parámetros normales.

Los 23 participantes del estudio asistieron al laboratorio de Fisiología de la Facultad de Medicina en la Universidad Nacional de Colombia, a quienes después

de 15 minutos de llegar, se les realizó toma de presión arterial en el brazo derecho y registros de onda de pulso y electrocardiograma durante 50 segundos sin interrupción (Figura 4). Los registros fueron obtenidos gracias al hardware Power Lab y software Lab chart. Los sujetos fueron clasificados como Normotensos según el límite de 130/80 mmHg para las presiones sistólica y diastólica.

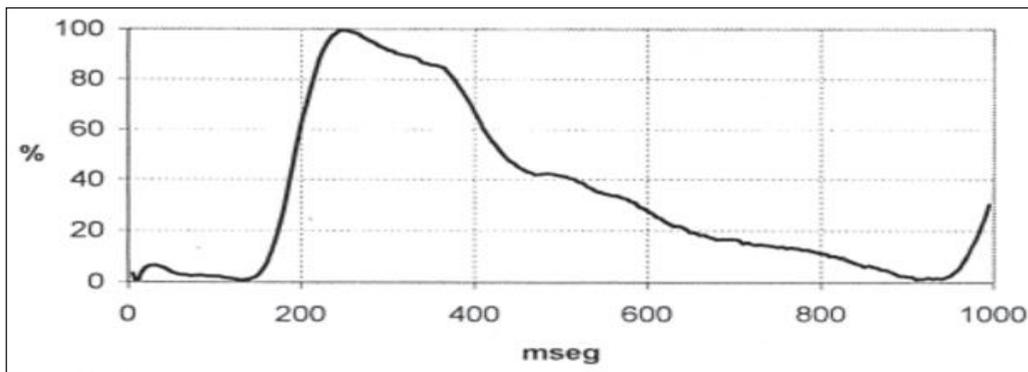


Figura 3. Representación de una onda de pulso con reflexión sistólica y onda diastólica casi inexistente. Se reporta que entre más cerca se encuentre esta reflexión a la cúspide de la onda sistólica junto con disminución en la amplitud de la onda diastólica, el riesgo cardiovascular es mayor (5)



Figura 4. Representación metodológica del registro de la onda de pulso (extremo superior) y electrocardiograma (extremo inferior). Estas dos variables fisiológicas son tomadas al mismo tiempo para evaluar que el complejo QRS sea concordante con el pico de la onda sistólica.

El procesamiento de datos se realizó con el software LabChart 7, con ayuda del marcador de punto cero (M) que sería similar a tener el punto cero en los ejes X y Y. Se midió la duración de onda sistólica en el eje horizontal. Este valor es en segundos y nos permite visualizar un cambio en el “ancho” de onda, ya que si hay una segunda onda solapada como la reflexión sistólica, el ancho, es decir, la duración de la onda en segundos aumentará (Figura 5). También se midió en el eje vertical la amplitud de onda sistólica (Figura 6),

y la amplitud de onda diastólica, estos valores son en milivoltios (Figura 7). Luego de tomar estos valores, el software permite la visualización de las dos ondas unidas como se mostraría en un equipo clínico de rutina (Figura 8). Esta función se utilizó para visualizar si la onda diastólica era diferenciable en comparación a la sistólica o si, por el contrario, era opacada por la reflexión sistólica y esta parecería como una onda sistólica única muy ancha (Figura 3).

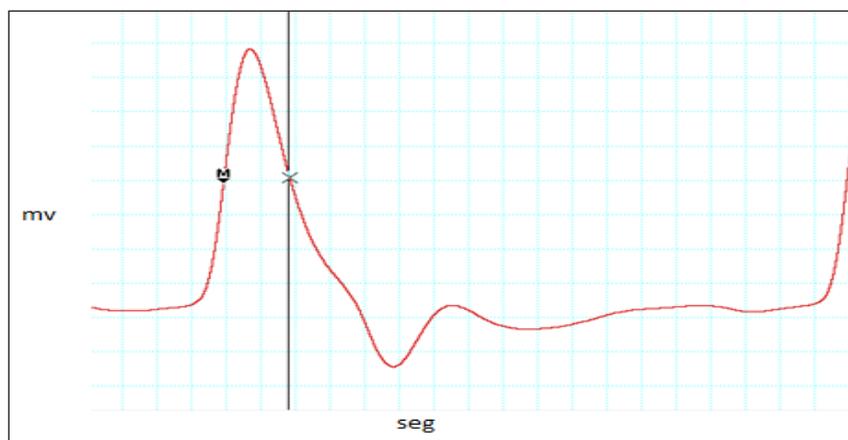


Figura 5. Representación metodológica del análisis de la onda de pulso. Se coloca el marcador en el punto medio de la cúspide de la onda sistólica y se mide hasta el otro extremo de la onda. El resultado brinda el tiempo en segundos.

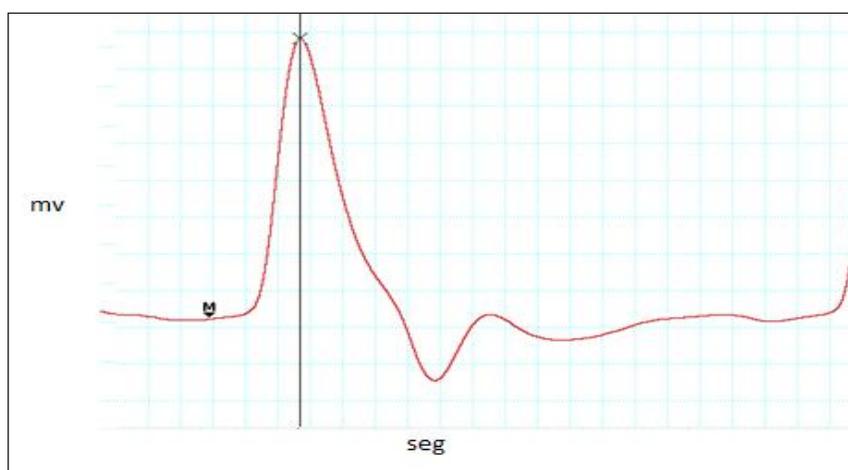


Figura 6. Representación metodológica del análisis de la onda de pulso. Se coloca el marcador en la base de la onda sistólica y se mide hasta el pico de la onda. El resultado brinda la amplitud en milivoltios.

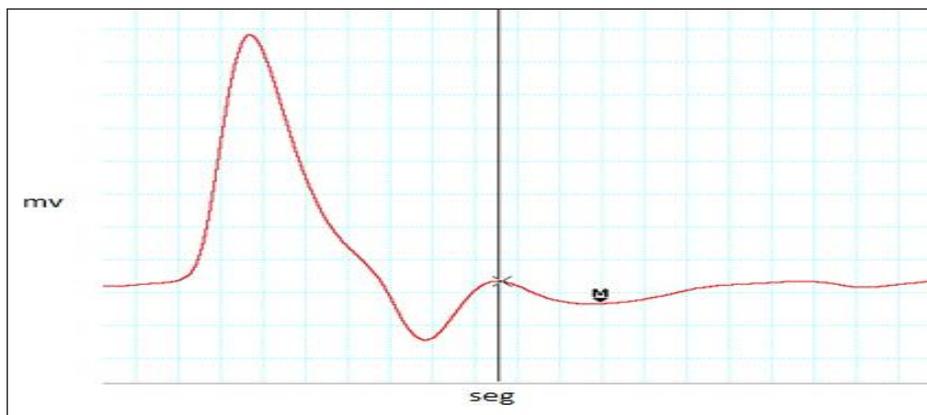


Figura 7. Representación metodológica del análisis de la onda de pulso. Se coloca el marcador en la base de la onda diastólica y se mide hasta el pico de la onda. El resultado brinda la amplitud en milivoltios.

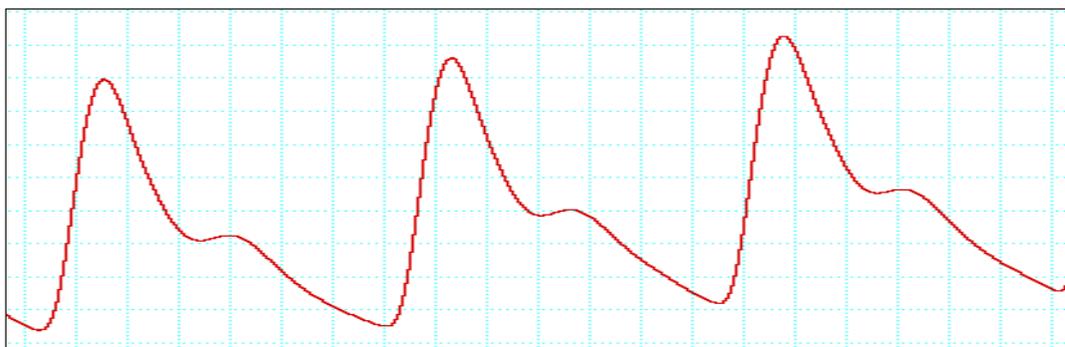


Figura 8. Aplicación de la función del software Labchart 7 para ver las ondas unidas. Se denota: registro (normal), la onda sistólica es delgada y la onda diastólica es diferenciada.

Se realizaron las mediciones mencionadas por cada individuo, la medición de la duración de onda sistólica (eje horizontal) se utilizó para evaluar si el ancho de onda aumentaba en conjunto con la reflexión sistólica (si estaba presente). Las amplitudes de las ondas sistólica y diastólica se compararon para evaluar el porcentaje equivalente de la onda diastólica en relación con la altura onda sistólica.

Resultados

La caracterización de la población permitió identificar variables como género, edad, peso, altura y todos los

parámetros de presión arterial importantes para el desarrollo del estudio (Tabla 1).

En cuanto a los resultados centrados únicamente en la morfología de onda de pulso, solo 3 sujetos del estudio presentaron reflexión sistólica evidente. Éstas se encontraron cerca a la base de la onda sistólica y en el punto medio de la misma (Figuras 9, 11 y 13). Al unir las ondas con la función del LabChart 7 se evidencia que el ancho de la onda sistólica aumenta considerablemente y la onda diastólica es poco diferenciada o se encuentra ausente (Figuras 10, 12 y 14). Los individuos restantes ($n = 20$) no presentaron ninguna re-

Tabla 1. Descripción de la población

Variables	Media \pm desviación estándar	Min-Max
Hombres : mujeres (%)	9 (39,1%) : 14 (60,9%)	
Edad (años)	43,35 \pm 19,7	18-81
Peso (Kg)	68,22 \pm 12,3	42-96
Altura (m)	1,63 \pm 0,12	1,43-1,85
Presión Arterial (mmHg)		103/77-130/80
Amplitud onda sistólica (mv)	0,329 \pm 0,04	0,215-0,390
Amplitud onda diastólica (mv)	0,034 \pm 0,009	0,011-0,050
Duración onda sistólica (seg)	142,65 \pm 37,909	90-211
Porcentaje onda diastólica (%)	10,626 \pm 3,1610	5,1-16,7

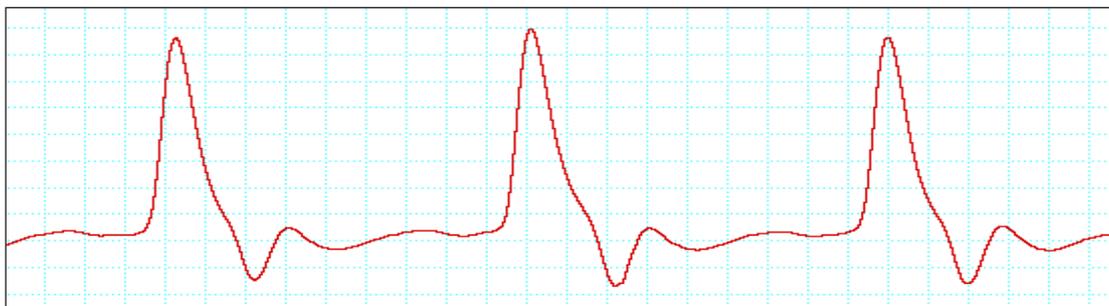


Figura 9. Onda de pulso en hombre: 81 años, pensionado, hábitos de vida saludables, presión arterial 100/75 mmHg. Reflexión sistólica en la base de la onda sistólica y evidente amplitud de onda diastólica.

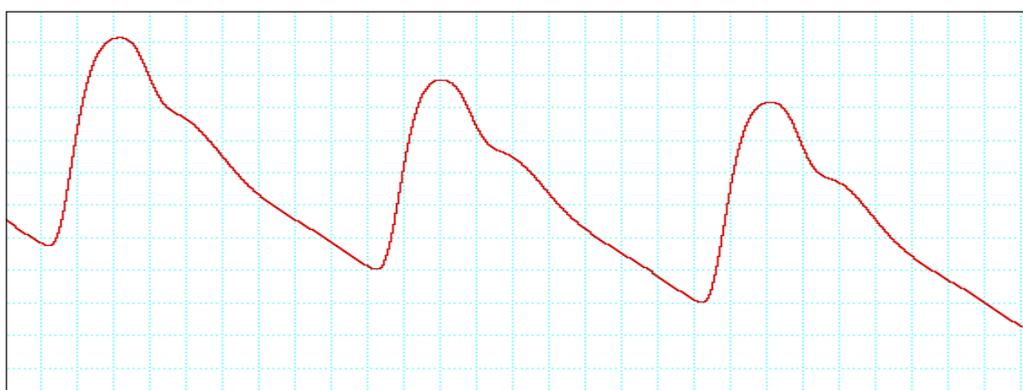


Figura 10. Unión de las ondas sistólica y diastólica (Figura 9). Se denota que el ancho de la onda sistólica aumenta y la onda diastólica es poco diferenciable.

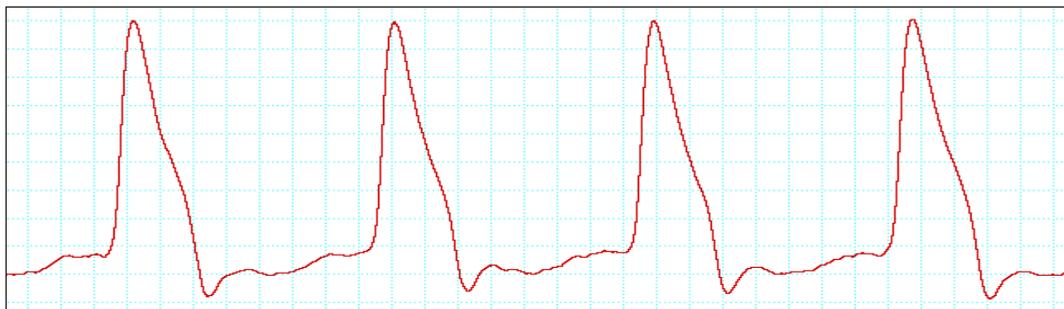


Figura 11. Onda de pulso en mujer: 76 años, ama de casa, hábitos de vida saludables, presión arterial 130/80 mmHg. Se denota la reflexión sistólica en la zona media de la onda sistólica y la amplitud de la onda diastólica es poco evidente.



Figura 12. Unión de las ondas sistólica y diastólica (Figura 11). Se denota que el ancho de la onda sistólica aumenta y la onda diastólica desaparece completamente.



Figura 13. Onda de pulso en mujer: 65 años, ama de casa, hábitos de vida saludables, Presión arterial 100/80 mmHg. Se denota: reflexión sistólica en la base de la onda sistólica y evidente amplitud de onda diastólica.

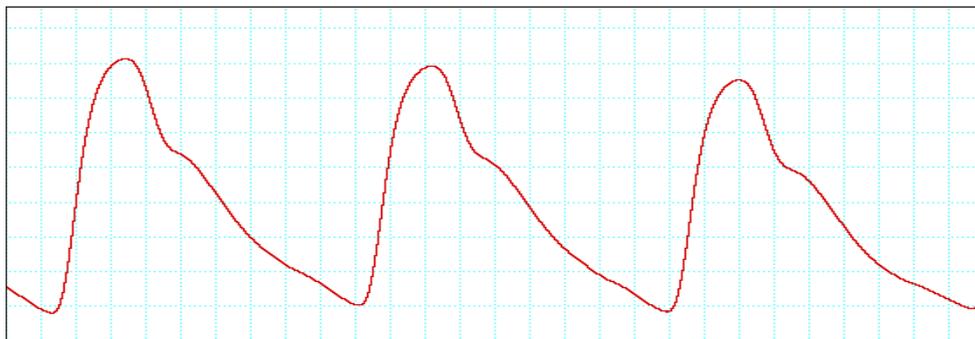


Figura 14. Unión de las ondas sistólica y diastólica (Figura 13). Se denota que el ancho de la onda sistólica aumenta y la onda diastólica es poco diferenciable.

flexión sistólica evidente y la onda diastólica también fue diferenciable, similar a los resultados de las Figuras 15 y 16.

Discusión

La presión arterial (PA) se ha tomado como un referente para evaluar el estado cardiovascular en individuos sanos y enfermos. El límite determinado para clasificar un individuo como normotenso es 130/80 en las presiones sistólica y diastólica en reposo. Al momento de encontrar valores por encima de éstos, el riesgo de sufrir un accidente cardiovascular aumenta (9) y esto sumado a otros factores de riesgo como los hábitos de vida y la genética del individuo. En los jóvenes, la compliancia arterial es elevada y la velocidad de propagación de la onda de presión (VPOP) es baja, al aumentar la edad hay recambio del tejido (capas) arterial que disminuye la elasticidad en las grandes arterias y aumenta la VPOP (10). En los ancianos, la VPOP es tan alta que la Reflexión Sistólica coincide con el vértice sistólico, razón por la cual la onda sistólica es ancha en el eje X cuya variable es el tiempo medido en segundos (duración de la onda) y la onda diastólica es apenas perceptible o, a veces, inexistente.

Debido a que la medición de la presión arterial también se relaciona con el estado de elasticidad arterial, se predice que resultados mayores de los normales in-

dicen pérdida de estas propiedades elásticas, ya sea por la edad o por los hábitos de vida en individuos sanos. Sin embargo, en este estudio algunos individuos normotensos presentaron la reflexión sistólica que, de acuerdo con varios estudios, indica pérdida de la elasticidad de la pared arterial (3). Por lo anterior, se podría sugerir que no siempre los valores elevados de presión arterial están totalmente relacionados con la presencia de la reflexión sistólica al analizar la onda de pulso.

La onda de pulso es un referente de la elasticidad arterial (teóricamente un individuo con valores dentro del rango de presión arterial, debería presentar un registro de onda sistólica y diastólica normales), y ya que este estudio incluyó individuos no hipertensos, se podría especular que ninguno presentaría reflexión sistólica; sin embargo, tres individuos normotensos evidenciaron esta reflexión sobre la onda sistólica, lo que condujo a la pregunta ¿es posible que la medición de la presión arterial no represente totalmente las propiedades elásticas arteriales?

Se ha estandarizado que entre los principales indicadores de riesgo cardiovascular al momento de analizar la onda de pulso está el incremento del ancho de la onda sistólica (6), el cual puede ser causado por la presencia de reflexión sistólica. En este estudio exploramos esa variable midiendo la duración en segundos de la onda sistólica con una herramienta educativa; resultó ser un

método muy seguro y fácil de realizar para este tipo de estudios ya que no necesita ningún tipo de programación o algoritmo, y cualquier persona con conocimientos básicos de software lo puede manejar.

El lugar donde se origine la reflexión sistólica sobre la onda sistólica determina el riesgo vascular, esto debido a que las reflexiones cercanas a la base son clasificadas como riesgo bajo y las cercanas a la cúspide como riesgo alto (3). En este estudio encontramos que los individuos con presencia de reflexión sistólica tendían a presentar anchos de onda sistólica mayores que no sobresalían más allá del 50% de la onda sistólica (es

decir muy cerca a la base de la onda), por lo cual estos individuos pueden entrar dentro del grupo de riesgo cardiovascular bajo, incluso si sus valores de presión arterial se encuentran dentro de los rangos normales.

Al comparar nuestros resultados con estudios similares como los conducidos por Fernando Clara *et al* (5) dentro del grupo de sujetos normotensos, no encontramos ningún individuo joven que presentase reflexión sistólica en la base de la onda sistólica, ningún adulto que presentara reflexión sistólica en la mitad de la onda sistólica, y en el grupo de ancianos no se evidenció ningún resultado con presencia de reflexión sistó-



Figura 15. Onda de pulso en mujer: 28 años, secretaria, hábitos de vida saludables, Presión arterial 130/80. Se denota: ausencia de reflexión sistólica en la onda sistólica y la amplitud de la onda diastólica es completamente evidente.

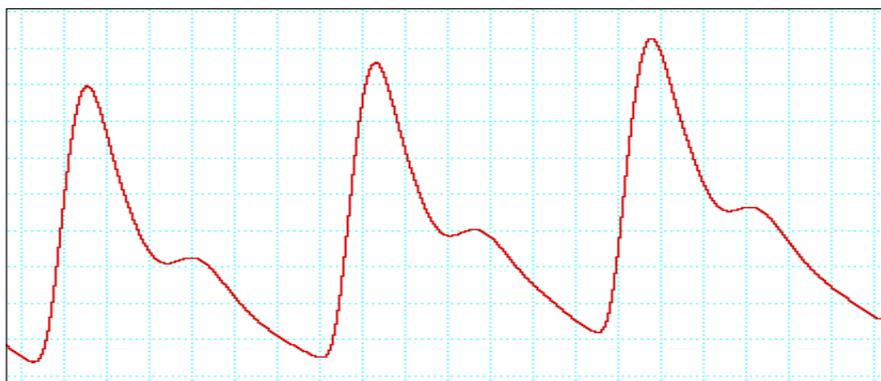


Figura 16. Unión de las ondas sistólica y diastólica (Figura 15). La onda sistólica es delgada y la onda diastólica es completamente diferenciable.

lica en la cúspide de la onda sistólica. De acuerdo a lo anterior, es muy probable que la edad no sea el único factor que determine el estado de elasticidad arterial, sino que sea una combinación de todos los factores individuales de una persona incluyendo la genética.

En cuanto a la morfología de la onda de pulso, los cambios más evidentes producidos por la reflexión sis-

tólica se denotan al juntar las ondas (en este caso con la función del LabChart 7). Nuestros resultados fueron compatibles con Hlimonenko *et al* (6), pues aquí los individuos sin reflexión sistólica presentaban ondas sistólicas delgadas y ondas diastólicas diferenciables (Figura 17), y los individuos con reflexión sistólica presentaban ondas sistólicas anchas y ondas diastólicas poco diferenciables o ausentes (Figura 18).

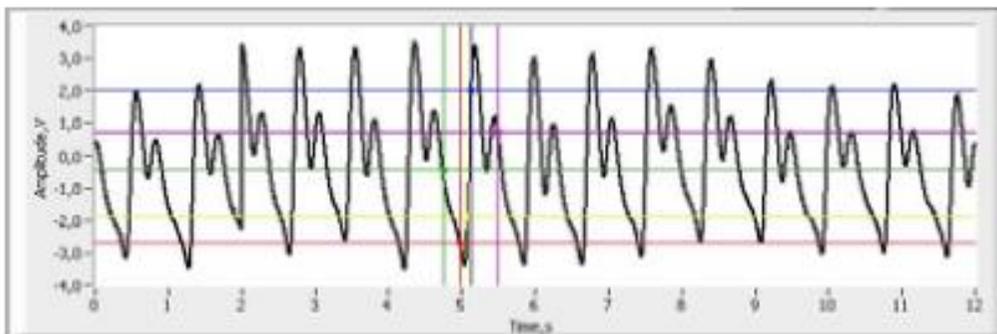


Figura 17. Onda de pulso normal, se diferencia la onda sistólica y la diastólica. Tomado de Hlimonenko (6).

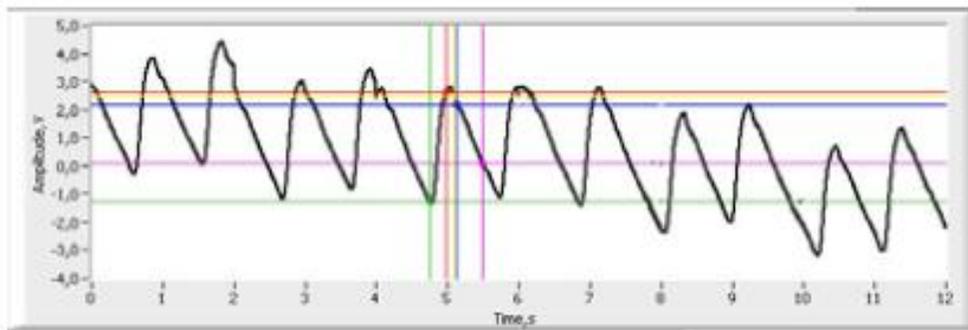


Figura 18. Onda de pulso.

Ondas sistólicas muy anchas y ondas diastólicas poco diferenciables o ausentes. Tomado de Hlimonenko (6).

Conclusión

El estado del sistema arterial es consecuencia de diversas variables. Indiscutiblemente, la edad y la Hiper-

tensión Arterial de manera irreparable, pero también otros factores, como los genéticos, el estrés, la calidad y los hábitos de vida pueden contribuir a que el deterioro pueda ser mayor o menor que el esperable, por lo

cual se debe constituir a cada individuo un caso único. En este ejercicio encontramos que la medición de la duración de la onda sistólica y la morfología de la onda de pulso a través del Power Lab y LabChart es una herramienta útil y sencilla para evidenciar el fenómeno de la reflexión sistólica y explorar su relación con los niveles de presión arterial, los cuales, de acuerdo con la literatura pueden estar relacionados con la hipertensión, o como en este caso, se pueden presentar en personas con valores de presión arterial dentro de los rangos normales.

Aunque este estudio es solo la fotografía temporal del estado cardiovascular de los sujetos participantes, no significa que un futuro no muy lejano pueda cambiar. Por lo tanto, se dan las recomendaciones de llevar una vida activa, alimentación balanceada, reducir la ingesta de grasas saturadas, comer frutas y verduras, evitar el consumo de cigarrillo, mantener un peso equilibrado, todo con el fin de prevenir la aparición de factores que aumentan el riesgo cardiovascular y por ende deterioren el estado de salud.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Agradecimientos

A la facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia por sus servicios y a los voluntarios de este ejercicio por su participación.

Referencias

1. Asmar R. La presión del pulso y la onda del pulso aórtico son marcadores del riesgo cardiovascular en poblaciones hipertensas. *American Journal Hipertensión*. 2001; 3(3): 178-8.
2. Braun E. Consenso de hipertensión arterial. *Revista argentina de cardiología*. 2013; 81 (2): 1-18.

3. Bhagat A, Kapoor N, Bhagat H. Pulse wave analysis as an experimental tool to clinical application: Past and present (Review). *Acta Physiologica Hungarica*. 2011; 98 (4): 382–392.
4. Chen X, Wang Y. Tracking of blood pressure from childhood to adulthood: a systematic review and meta-regression analysis. *Circulation*. 2008; 117: 3171–3180.
5. Clara F, Cayrol M, Scandurra A, Meschino G, Garzillo M, Moyano E, Introzzi A. La técnica de análisis de onda de pulso en la determinación del riesgo cardiovascular. *Rev Fed Arg Cardiol*. 2005; 34: 213-220.
6. Hlimonenko I, Meigas K, Vahisalu R. Waveform Analysis of Peripheral Pulse Wave Detected in the Fingertip with Photoplethysmograph. *Measurement science review*. 2003; 3(2): 49-52.
7. Korpas D, Halek J, Dolezal L. Parameters Describing the Pulse Wave. *Physiol. Res*. 2009; 58(4): 473-479.
8. Whelton P, Carey R, Aronow W, Casey D, Collins K, Dennison C, DePalma S, Gidding S, Jamerson K, Jones D, MacLaughlin E, Muntner P, Ovbigele B, Smith S, Spencer C, Stafford R, Taler S, Thomas R, Williams K, Williamson J, Wright J. A guideline for the prevention, detection, evaluation, and management of high blood pressure in adults: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on clinical practice guidelines. *Hypertension*. 2018; 71: e13–e115.
9. Williams B, Mancia G, Spiering W, Agabiti Rosei E, Azizi M, Burnier M, Clement DL, Coca A, de Simone G, Dominiczak A, Kahan T, Mahfoud F, Redon J, Ruilope L, Zanchetti A, Kerins M, Kjeldsen SE, Kreutz R, Laurent S, Lip GYH, McManus R, Narkiewicz K, Ruschitzka F, Schmieder RE, Shlyakhto E, Tsioufis C, Aboyans V, Desormais I. Guidelines for the management of arterial hypertension. *Eur Heart J*. 2018; 39 (33): 3021–3104.
10. Yano Y, Reis JP, Colangelo LA, Shimbo D, Viera AJ, Allen NB, Gidding SS, Bress AP, Greenland P, Muntner P, Lloyd-Jones DM. Association of blood pressure classification in young adults using the 2017 American College of Cardiology/American Heart Association blood pressure guideline with cardiovascular events later in life. *JAMA*. 2018; 320(17): 1774–1782.

Recibido: 1 de noviembre de 2019

Aceptado: 20 de marzo de 2020

Correspondencia:

David Fernando Balaguera Quinche
dfbalagueraq@unal.edu.co